

Sammanställd av Mats Ahlberg och Christina Engström

FOAs miljöforskning för försvarssektorn

En sammanställning av rapporter publicerade 1995-2000

Omslagsbilden: Foto Gunnar Hjelt/FOI
Bilden visar en 278 år gammal blykula
uppgrävd i samarbete med Forsvarets
forskningsinstitut, FFI, i Norge, vid
Fredrikstens fästning utanför Halden.

| | | |
|--|---|---|
| Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI FOI, Marknadsenheten 172 90 Stockholm | Rapportnummer, ISRN FOI-R--0287--SE | Klassificering Underlagsrapport |
| | Forskningsområde 9. Övriga civila tillämpningar | |
| | Månad, år December 2001 | Projektnummer E4812 |
| | Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet | |
| | Delområde 93 Miljöfrågor | |
| | Författare/redaktör Sammanställd av Mats Ahlberg Christina Engström | Projektledare Mats Ahlberg |
| Godkänd av | | |
| Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarmakten | | |
| Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig | | |
| Rapportens titel FOAs miljöforskning för försvarssektorn. En sammanställning av rapporter publicerade 1995-2000 | | |
| Sammanfattning (högst 200 ord) Miljöforskning för försvarssektorn har bedrivits sedan budgetåret 1994/95. Denna rapport utgör en sammanställningen av abstrakts för samtliga 43 rapporter som publicerats i FOA-R-serien under perioden 1995-2000 det vill säga de rapporter som publicerats inom den numera nedlagda myndigheten Försvarets forskningsanstalt. Rapporterna delats upp på följande 10 ämnesområden: Framtidsstudier mm, Förebyggande modellering, Ekotoxikologiska studier, Miljöfarliga ämnen i ammunition, Metoder för destruktion av ammunition, Explosivämnen i miljön, Miljöriskbedömning av dumpad ammunition, Miljöriskbedömning av skjutfält och militära anläggningar, Miljöeffekter och krig, Årsrapporter Huvuddelen av forskningen är finansierad av Försvarmakten. Övriga uppdragsgivare är bl a Försvarsdepartementet, Fortifikationsverket, Statens räddningsverk och Bofors AB. | | |
| Nyckelord Miljö, hydrogeologi, toxikologi, nedbrytning, ammunitionsdestruktion, explosivämnen, miljöriskbedömning, livscykelanalys | | |
| Övriga bibliografiska uppgifter | Språk Svenska | |
| ISSN 1650-1942 | Antal sidor: 22 s. | |
| Distribution enligt missiv | Pris: Enligt prislista Sekretess | |

| | | |
|--|--|--|
| Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency FOI Program Office SE-172 90 Stockholm | Report number, ISRN FOI-R--0287--SE | Report type Base data report |
| | Research area code 9. Civil applications | |
| | Month year December 2001 | Project no. E4812 |
| | Customers code 5. Contracted Research | |
| | Sub area code 93 Environmental Studies | |
| Author/s (editor/s) Editors Mats Ahlberg Christina Engström | Project manager Mats Ahlberg | |
| | Approved by | |
| | Sponsoring agency The Armed Forces | |
| | Scientifically and technically responsible | |
| Report title (In translation) FOAs environmental research for the defence sector. A compilation of reports published 1995-2000 | | |
| Abstract (not more than 200 words) Environmental research for the defence has been conducted since the fiscal year 1994/1995. This report is a compilation of abstracts for all 43 reports published as FOA-R-reports during the period 1995-2000, that is reports published within the former authority National Defence Research Establishment. The reports have been classified into the subject areas below: Future studies, Preventive modelling, Ecotoxicological studies, Environmentally toxic substances in ammunition, Methods for destruction of ammunition, Explosives in the environment, Environmental risk assessment of dumped ammunition, Environmental risk assessment of shooting ranges and military establishments, Environmental effects and war Annual reports. The main part of the research has been financed by the Armed Forces. Other financers are the Ministry of Defence, the National Fortifications Administration, Swedish Rescue Services Agency and Bofors AB. | | |
| Keywords Environment, hydrogeology, ecotoxicology, ammunition, destruction, explosives, environmental risk assessment, life cycle assessment | | |
| Further bibliographic information | Language Swedish | |
| ISSN 1650-1942 | Pages 22 p. | |
| | Price acc. to pricelist Security classification | |

Förord

Den försvarsspecifika miljöforskningen har utvecklats betydligt sedan starten budgetåret 1994/1995. Antalet personer som arbetar med miljöfrågor inom olika delar av totalförsvaret har också ökat. Även antalet forskare har blivit allt fler.

För att underlätta resultatåterföringen av tidigare genomfört arbete till dessa nya medarbetare har denna sammanställning gjorts. Sammanställningen omfattar samtliga 43 rapporter som publicerats i FOA-R-serien under perioden 1995-2000 det vill säga de rapporter som publicerats inom den numera nedlagda myndigheten Försvarets forskningsanstalt.

För en bättre överblick har rapporterna delats upp på följande 10 ämnesområden:

Framtidsstudier mm,
Förebyggande modellering,
Ekotoxikologiska studier,
Miljöfarliga ämnen i ammunition,
Metoder för destruktion av ammunition,
Explosivämnen i miljön,
Miljöriskbedömning av dumpad ammunition,
Miljöriskbedömning av skjutfält och militära anläggningar,
Miljöeffekter och krig,
Årsrapporter

Huvuddelen av forskningen är finansierad av Försvarsmakten. Övriga uppdragsgivare är bl a Försvarsdepartementet, Fortverket, Statens räddningsverk och Bofors AB.

Mats Ahlberg
Forskningsområdesföreträdare

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| 1. Framtidsstudier mm | 7 |
| 2. Förebyggande modellering | 8 |
| 3. Ekotoxikologiska studier | 10 |
| 4. Miljöfarliga ämnen i ammunition | 13 |
| 5. Metoder för destruktion av ammunition | 14 |
| 6. Explosivämnen i miljön | 15 |
| 7. Miljöriskbedömning av dumpad ammunition | 17 |
| 8. Miljöriskbedömning av skjutfält och militära anläggningar | 18 |
| 9. Miljöeffekter och krig | 19 |
| 10. Årsrapporter | 20 |

1. Framtidsstudier m m

Rignér Johan

Flygteknik - potential för minskad miljö-påverkan.

Stockholm, FOA, 1996, 45 p.
(FOA-R--96-00237-1.5--SE)

Rapporten behandlar miljöproblem relaterade till flygtrafik, samt vilken potential som finns för att reducera dessa problem med införande av ny teknik. Rapporten beskriver likheter och skillnader mellan militär och civil flygteknik samt teknisk utveckling av betydelse för respektive område.

Hedberg Leif

Framtidsbilder av ett ekologiskt hållbart försvar.

Stockholm, FOA, 1997, 63 p.
(FOA-R--97-00474-170--SE) (Underlagsrapport)

I rapporten presenteras fyra alternativa framtidsbilder, med en tidshorisont på 30-50 år. De ska kunna fungera som en utgångspunkt i det långsiktiga arbetet inom försvaret med att klara de miljömål som krävs för att uppnå ett ekologiskt hållbart samhälle.

Analysens centrala utgångspunkt är behovet av att minska de globala koldioxidutsläppen och därmed de klimatförändringar som följer av växthuseffekten. Det första och minst ambitiösa av målen är en halvering av nuvarande energianvändning och en minskad användning av fossila bränslen till trettio procent av den nuvarande.

I den högre ambitionsnivån minskas energianvändningen till en fjärdedel av dagens nivå och endast förnybara energikällor används. Möjligheten att klara det minst ambitiösa av miljömålen är god i ett traditionellt försvar med i miljöhänseende bästa tillgängliga teknik. Möjligheten att uppnå det mer ambitiösa målet är dock liten, i synnerhet för flygverksamheten.

En väg att ytterligare minska miljöpåverkan är att i ett traditionellt försvar med modern utbildningsteknik, kraftigt öka användningen av simulator.

I ett traditionellt försvar med anpassningsförmåga minskar försvarets fredstida utbildning och materielanskaffning och därigenom miljöpåverkan genom ett ökat inslag av långsiktig anpassningsförmåga för att möta en eventuell förvärrad hotbild.

För att helt kunna uppnå det mest ambitiösa av miljömålen krävs en radikalt annorlunda utformning av försvaret, högteknologiförsvaret. Ett exempel på sådant försvar baserat på robotar och UAV:er, helt utan flygplan, stridsfordon eller fartyg redovisas.

André Tommy

Simulatorer och miljö.

Stockholm, FOA, 1998, 18 p.
(FOA-R--97-00637-170--SE) (Underlagsrapport)

FOA har på uppdrag av Försvarsdepartementet studerat alternativa framtidsbilder av ett ekologiskt hållbart försvar. Resultatet redovisades i rapporten "Framtidsbilder av ett ekologiskt hållbart försvar" FOA-R--97-00474-170--SE.

I rapporten presenteras fyra alternativa framtidsbilder, med en tidshorisont på 30-50 år. De ska kunna fungera som utgångspunkt i det långsiktiga arbetet inom försvaret med att klara de miljömål som krävs för att uppnå ett ekologiskt hållbart samhälle.

Ett av alternativen innebär en minskning av miljöpåverkan genom att i ett traditionellt försvar med modern utbildningsteknik kraftigt öka användningen av simulatorer.

I denna rapport redovisas två fallstudier, som behandlar hur, i vilken omfattning och varför simulatorer används i utbildningen av stridspiloter respektive stridsvagnskompani.

Wallgren Björn

Miljöanpassade materialval. Vägledning för försvarssektorn utifrån miljöpolitiska ställningstaganden.

Stockholm, FOA, 1998, 35 P.
(FOA-R--98-00761-222--SE) (Användarrapport)

Inledande kapitel är beskrivande och tar upp miljö-vårdens principer (principen om hållbar utveckling, kretsloppsprincipen, försiktighetsprincipen m m), trender i miljöarbetet (från reversibla effekter här och nu till irreversibla effekter där och sedan), de 14 miljöhoten (med särskild hänsyn till effekternas varaktighet), hushållningsproblem (hushålla av miljöskäl eller sparsamhets-skäl?) samt de villkor som, i ett hållbart samhälle, sätter gränserna för uttagen av olika naturresurser.

Rapporten avslutas med ett kapitel om mål och medel för ökad miljö-säkerhet hos material och system.

Rapportens förslag är i huvudsak koncentrerade till detta avsnitt.

Bilaga 1 beskriver pågående aktiviteter på den civila sidan (utredningar, delegationer etc.).

I bilaga 2 redovisas större finansierare av forskning som är relevant i detta sammanhang samt viktigare institutioner etc där sådan forskning bedrivs.

During Åhs Cecilia, Lindén Mikael

Miljöanpassade framtida militära koncept.

Stockholm, FOA, 2000, 39 p.

(FOA-R--00-01738-170--SE) (Användarrapport)

I syfte att visa potentialen till avmaterialisering och minskad bränsleförbrukning inom det militära försvaret studeras alternativa framtida militära koncept. En jämförelse ur miljösynpunkt görs mellan respektive koncept och dagens system. De studerade koncepten baseras på funktionsuppdelning och utgår från att delar av befintliga systems uppgifter skulle kunna utföras med alternativa lösningar.

De tre koncepten som redovisas ("Hav", "Mark" och "DBA") illustrerar möjligheten att minska försvarets miljöpåverkan. Det bör dock betonas att någon militär värdering av alternativens för- resp nackdelar ej gjorts i föreliggande rapport. Alternativen har i första hand valts ut mot bakgrund av att de har positiva egenskaper ur miljösynpunkt och inte för att de skulle vara de bästa ur militär synvinkel.

Koncepten bygger på att vissa befintliga plattformar ersätts av obemannade enheter, s.k. UAV:er (Unmanned Aerial Vehicles). Fördelarna med UAV:er är bl.a. att bränsleförbrukningen kan minskas genom att de är mindre och lättare och att de medför ett minskat behov av fredstida utbildning och övning genom att de är obemannade. Analysen presenterar möjligheter till avsevärd reducering av försvarets framtida miljöpåverkan. Med hjälp av modern teknik och funktionsuppdelning kan minskad materialanvändning såväl som minskad förbrukning av fossila bränslen möjliggöras.

2. Förebyggande modellering

Graffner Otto

Regional grundvattenmodellering utifrån GIS-data.

Umeå, FOA, 1996, 44 p.

(FOA-R--96-00344-222,8.7--SE) (Metodrapport)

Detta arbete består till en del av att specificera FOAs krav på resultat från en hydrogeologisk modell samt argumentera för, och införskaffa, ett modellpaket som uppfyller dessa krav. Som ett resultat av detta har FOA införskaffat GMS som ett för- och efterbehandlingsprogram till beräkningsrutiner som MODFLOW, MT3D, MODPATH och FEMWATER. GMS är lättanvänt, med goda möjligheter att konstruera modeller, samt att det kan presentera resultat från simuleringar på flertalet sätt. Vidare undersöks om modellering med införskaffad programvara, av ett geografiskt stort område utgående

enbart från geografisk digital information, kan ge användbara resultat. För detta ändamål har ett 75 km² stort område, beläget SV om Strängnäs tätort, modellerats. Inom området återfinns P10:s övningsfält. Modellen har konstruerats enbart med data från jordartkarta, höjddatabasen och hydrografi. Användbara resultat kan erhållas från beräknad flödesbild, vad gäller grundvattenflödets riktning, medan beräknade transporttider ej är tillförlitliga. En förorenings utbredning med tiden kan därför ännu enbart uppskattas till riktning och ej till utsträckning. Metoden är ej verifierad med fältstudier.

Scott Åsa

Validering av miljöolycksindex: ett prioriteringsinstrument för bedömning av vidare utredningsbehov vid kemikaliehantering.

Umeå, FOA, 1997, 46 p.

(FOA-R--97-00444-222--SE) (Användarrapport)

Detta projekt har syftat till att validera en föreslagen modell, miljöolycksindex, och i valideringsrapporten diskuteras bl.a. användbarheten av miljöolycksindex idag och tänkbara förändringar i framtiden.

Ett ökande och allt mer komplext kemikalieflöde i dagens samhälle har medfört hårdare krav på myndigheter och industrin att kontrollera de risker som också ökar. Industrin har ansvaret att vidta de åtgärder som krävs för en säker kemikaliehantering och myndigheterna är de som genom lagstiftningen ställer krav och utformar ramar som en vägledning för företagen.

Myndigheter och industri behöver ofta prioritera när det gäller var de ska sätta in sina resurser för att minska riskerna för och vid en kemikalieolycka. Det finns därför behov av att ta fram ett verktyg för att underlätta detta arbete och miljöolycksindex är ett förslag till ett sådant verktyg. Miljöolycksindex är en enkel formel som snabbt ger svar på vilken grad av ytterligare utredningsbehov som krävs i de enskilda fallen av kemikaliehantering.

Miljöolycksindex består av tre delar; för det första en del som anger kemikalies akuta giftighet hos vattenlevande organismer, för det andra en del som anger mängden lagrad eller transporterad kemikalie och slutligen en del som anger de faktorer som styr spridningen av en kemikalie.

Denna sist nämnda s.k. spridningsdel innehåller bl.a. en del kemiskfysikaliska egenskaper för kemikalien och omgivningens spridningsbenägenhet som exempelvis jordens genomtränglighet och djup till grundvattenytan. Syftet med miljöolycksindex är att det ska tjänstgöra som ett snabbt och enkelt verktyg som kan ge vägledning för det vidare utredningsbe-

hovet och användas av myndigheter och industrier som hanterar kemikalier i planering av kemikaliehanteringen.

Miljöolycksindex är enkelt utformat för att underlätta och öka användandet. Resultaten av valideringen visar bl.a. att miljöolycksindex har möjlighet att, med några enkla ändringar, kunna bli ett användbart verktyg för prioritering av vilken typ av vidare utredning som bör göras och att miljöolycksindex är en bra grundmodell att bygga vidare på. Vidare visar resultaten att det råder stor brist på tillgängliga miljödata från kemikalieolyckor. Ett bättre system för miljöuppföljning av kemikalieolyckor skulle ha givit ett bättre underlag för valideringen.

Valideringen har utförts av Åsa Scott, Försvarets forskningsanstalt, på uppdrag av Statens räddningsverk och Naturvårdsverket.

En referensgrupp har förutom ovanstående myndigheter även inkluderat experter från Kemikalieinspektionen samt Kemikontoret.

Johanson Jens

GIS-applicerad miljökänslighetskarta över Umeå kommun - konstruktion - handhavande.

Umeå, FOA, 1998, 43 p.

(FOA-R--98-00857-222--SE) (Teknisk rapport)

Räddningstjänsten i Umeå kommun har uttryckt ett behov av en karta över de områden inom kommunen vilka är av vikt att ta hänsyn till i händelse av ett kemikalieutsläpp i första hand från trafikolyckor där transporter av farligt gods är inblandade.

Detta har lett till ett samarbetsprojekt mellan bland annat FOA NBC-skydd och Statens Räddningsverk (SRV).

Föreliggande examensarbete behandlar projektets första fas där en MiljöKänslighetsKarta (MKK) i GIS-miljö över Umeå kommun skall skapas och till vilken en användarmodul skall konstrueras och appliceras. Det inledande arbetet har bestått i att sammanställa befintligt digitaliserat kartmaterial över skyddsvärda områden avseende bland annat naturgeografisk och biologisk karaktär. Det bedömda skyddsvärdet hos de objekt som ligger till grund för MKK kommer att, efter sammanslagning av samtliga kartsnitt, ge ett totalvärde vilket i sin tur ligger till grund för skyddskänslighetsklassificering av områden.

Vid framtagandet av MKK har Arc-View 3.0a samt PC ARC/INFO 3.5 använts. Arc View och programspråket Avenue har nyttjats som grund för den användarmodell med vilken MKK kan utforskas.

MKK är ingen rigid slutprodukt.

Den är istället möjlig att uppdatera om nya skyddsvärda områden tillkommer eller om en annan bedöm-

ning av aktuella skyddsvärden är nödvändig att genomföra.

I sitt nuvarande skick bör det beaktas att MKK enbart innehåller de skyddsvärda områden vilka har funnits tillgängliga i digitalt format och därför bör områden vilka inte är klassificerade inte heller bedömas som icke skyddsvärda. MKK kan i detta skede användas av räddningstjänsten främst som ett informerande verktyg vid utforsknings- och planeringsarbete men användarmodellen gör att MKK även kan användas som rådgivande verktyg vid skarp uttryckning.

Liljedahl Birgitta, Johanson Jens, Sjöström Jan Miljökänslighetskarta för insats och planering vid olyckor: pilotstudie från Umeå kommun.

Umeå, FOA, 1999, 38 p.

(FOA-R--98-00932-222--SE) (Användarrapport)

I en olycksituation med kemikalier och släckvatten måste räddningsledaren fatta snabba beslut om ibland kostsamma åtgärder för att förhindra spridning av kemikalier till mark, grundvatten och ytvatten.

Olika miljöer är olika känsliga för påverkan och det kan vara svårt att i insatsskedet bedöma hur känsligt olycksområdet och dess omgivning är samt vilka åtgärder som är mest lämpliga. Det finns därför ett behov av en översiktlig, lättillgänglig information om kommunens känsliga naturintressen och som kan användas av räddningstjänsten, dels i insatsplaneringen, dels i planering för olika skyddsåtgärder.

I nära samarbete mellan Umeå kommuns miljökontor, räddningstjänsten och Försvarets forskningsanstalt (FOA) har en Miljökänslighetskarta upprättats för Umeå kommun. Syftet har varit att göra befintlig information om kommunens känsliga områden lättillgänglig för räddningstjänsten.

Pilotstudien redovisas som en s.k. Miljökänslighetskarta, dels i form av en datormodell, dels i pappersformat.

Vid miljökontor och länsstyrelser finns idag förteckningar över skyddsvärda områden, grundvattentäkter, sällsynta arter och andra känsliga miljöer. Informationen kan finnas i kartformat, i digitalt format (GIS-format) och i olika rapporter och utredningar.

I flertalet kommuner pågår idag utvecklingsarbeten med att göra miljöanknuten information tillgänglig i olika kart- och modellsystem. Stor vikt har lagts vid att utreda hur Miljökänslighetskartan skall kunna kopplas till de varierande typer av befintligt material som kan finnas i olika kommuner. Arbetet är en pilotstudie som skall ge förslag till en modell för demonstration och test, där en kommuns miljö-känslighet ses ur ett olycks perspektiv. Studien har

initierats och finansierats av Räddningsverket, Risk- och miljöavdelningen, i Karlstad.

Johanson Jens, Liljedahl Birgitta, Sjöström Jan
KEMSEK: ett beslutsstöd vid kemikalieolyckor - förstudie.

Umeå, FOA, 1999, 32 p.

(FOA-R--99-01082-222--SE) (Användarrapport)

På uppdrag av Räddningsverket presenterade FOA NBC-skydd i samarbete med Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) den 30 oktober 1997 en projektidé avseende en GIS-baserad modell som beskriver föroreningars spridning i mark och grundvatten vid olyckor.

Modellen går under arbetsnamnet KEMSEK (Kemikaliers Spridning - Effekt -Konsekvens). Som ett första steg har en förstudie genomförts i syfte att belysa dagens kunskapsläge nationellt och internationellt inom området.

Förstudien skall i huvudsak besvara följande två frågeställningar:

- Finns den tänkta modellen redan tillgänglig på marknaden?

- Om inte; finns de verktyg som krävs för att bygga modellen, dvs. är projektidén realistisk?

Utredningen visar vidare att de "byggstenar" eller moduler som krävs för att sätta samman systemet KEMSEK till stora delar redan finns idag. Utvecklingen av KEMSEK bedöms därför inte i första hand omfatta utveckling av spridningsmodeller för luft, mark eller ytvatten, utan i stället fokusera på sammankopplingen av spridningsmodeller till befintliga kemikaliedatabaser och GIS-baserade kartor. Digital information om exempelvis jordarter, topografi och känsliga naturområden finns redan för flertalet kommuner, liksom platsspecifik information om transportvägar av farligt gods och olika industrier med kemikaliehantering. Förstudien visar att det idag finns många spridningsmodeller med mycket varierande syfte och kvalitet. Flertalet av dessa modeller har sorterats ut då de inte ansetts uppfylla KEMSEKs grundläggande krav på dokumenterad integrering, men även andra orsaker ligger till grund för uteslutning. Slutligen lämnas rekommendationer på lämpliga programvaror, dvs. spridningsmodeller, databaser och grafiska program.

Liljedahl Birgitta, Burman Jan, Sjöström Jan
Grundvattenmodellering och känslighetsbedömning av Revinge Hed: en pilotstudie inom ramen för ÖMAS.

Umeå, FOA, 2000, 27 p.

(FOA-R--00-01601-222--SE) (Användarrapport)

Inom ramen för Fortifikationsverkets (FORTV) projekt ÖMAS (Övnings- och miljöanpassad skötselplan) finns en digital kartdatabas över Revinge Heds övningsområde. Databasen innehåller omfattande information om naturintressen, jordarter, vattenfrågor, civil och militär verksamhet m m. En viktig fråga i arbetet med skötselplanen, är de konsekvenser som kan uppstå vid eventuella spill av kemikalier till mark och grundvatten. För att öka kunskapen om grundvattensituationen i området har en grundvattenmodellering genomförts med hjälp av systemet GMS (Groundwater Modelling System). Modellen beskriver grundvattenströmning i 5 meters skikt ned till 30 meters nivå. Resultaten av modelleringen visar bland annat hur strömningen kan förändras med djupet, och hur varierande nederbörd och infiltration förändrar strömningsbilden. Med hjälp av resultaten från grundvattenmodelleringen har kommentarer lämnats avseende hydrogeologins betydelse för markkänsligheten inom Revinge Heds övningsområde.

3. Ekotoxikologiska studier

Muribi Maria

Toxicity of mustard gas and two arsenic based chemical warfare agents on *Daphnia magna*: for evaluation of the ecotoxicological risk of the dumped chemical warfare agents in the Baltic Sea.

(Toxiciteten av senapsgas och två arsenikbaserade kemiska stridsmedel på *Daphnia magna*: för bedömning av den ekotoxikologiska risk som de dumpade kemiska stridsmedlen utgör i Östersjön.)

Umeå, FOA, 1997, 31 p.

(FOA-R--97-00430-222-SE)

(Scientific report/Vetenskaplig rapport)

Den akuta toxiciteten av senapsgas, Clark I (difenylylsinklorid) och Clark II (difenylylsincyrid) på *Daphnia magna* undersöktes i bräckt vatten. Senapsgasexponeringen utfördes vid rumstemperatur (19,5°C). Efter 48 h exponering för 0,5 mg senapsgas/l testmedium kunde ingen toxisk effekt observeras. Clark-föreningarna undersöktes vid två olika temperaturer, rumstemperatur (19,5°C) och kyla (4 och 8°C).

Efter 48 h-exponering var EC50-värdena signifikant högre vid låga temperaturer jämfört med i rumstempe-

ratur, men efter 6 dygn var EC50-värdena inte längre högre vid låga temperaturer.

Detta tyder på att en substans slutliga EC50-värde inte varierar med temperaturen utan att exponeringstiden verkar vara den viktiga parametern. Även ett sedimentförsök med Clark I utfördes, vilket indikerade att Clark I adsorberar till sedimentpartiklarna. Efter andra världskriget dumpades omkring 40 000 ton kemisk ammunition, främst innehållande senapsgas, i Östersjön.

En riskbedömning av de dumpade kemiska stridsmedlen har gjorts med hjälp av försöksresultaten och tillgänglig litteratur. Slutsatsen av denna bedömning blev att senapsgas troligen inte utgör något akut toxikologiskt hot mot vattenlevande organismer medan Clark-föreningarna utgör en potentiell risk för dessa organismer.

Mustard gas, Clark I (diphenylarsine chloride) and Clark II (diphenylarsine cyanide) were investigated for their acute toxic effects on *Daphnia magna* in brackish water. Exposure to 0.5 mg mustard gas/l test medium for 48 h at room temperature (19,5°C) did not induce any visible effects. The Clark compounds were tested for acute toxicity at three different temperatures: 4.0, 8.0 and 19,5°C. After 48 h exposure the EC50-values were significantly higher in the low temperature experiments than in the high temperature experiment. However, after 6 days the EC50-values were nearly the same for all temperatures. This suggests that the minimum EC50-value of a substance is independent of temperature and that the important factor is the exposure time. Additionally, a sediment experiment conducted with Clark I indicated that Clark I adsorbs to the sediment.

After the Second World War approximately 40 000 tons of chemical munitions, mainly containing mustard gas, were dumped in the Baltic Sea. With the results from the experiments and available literature, a risk assessment of the dumped chemical warfare agents was conducted. The conclusions from this risk assessment were that mustard gas does not appear to substances constitute potential risk to these organisms.

Muribi Maria, Eriksson Johan

Adsorption and toxicity of Clark I, Clark II and their metabolit tetraphenyldiarsine oxide.

(Adsorption och toxicitet av Clark I, Clark II och deras metabolit tetrafenyldiarsinoxid.)

Umeå, FOA, 1997, 21 p.

(FOA-R--97-00527-222--SE)

(Scientific report/Vetenskaplig rapport)

Adsorptionen av Clark I och Clark II till sediment studerades i skakförsök - Två serier av försök gjordes. Den ena innehöll endast Clark-föreningar och bräckt vatten (6 ‰ salthalt) medan den andra även innehöll sediment. Bägarna skakades under olika lång tid (0-30 dygn) och sedan separerades sedimentet och vattnet. Både sedimentet och vattnet extraherades och analyserades med avseende på Clark-föreningar och deras metabolit tetrafenyldiarsinoxid. Analysen av vattenfaserna visar att Clark-föreningarnas hydrolys är snabb och att koncentrationen av Clark I och metaboliten är högre i bägarna som skakats utan sediment jämfört med de där sediment tillsattes, vilket tyder på att föreningarna adsorberar till sedimentet. Tyvärr kunde inte sedimentanalyserna verifiera detta. Vattenfasernas akuta toxicitet undersöktes på *Daphnia magna*. Resultaten från dessa försök visar att toxiciteten blev lägre med tiden i de bägare som innehöll sediment medan den var lika hög under hela försöksperioden när sediment inte var närvarande. Detta stöder ytterligare antagandet att substanserna adsorberar till sedimentet. Toxicitetsförsök med *Nitocra spinipes* utfördes på sedimenten från Clark I i adsorptionsstudien.

I dessa försök framkom det att sedimentet var toxiskt trots att inte någon av de eftersökta föreningarna kunde detekteras vid kemisk analys.

The adsorption of Clark I and Clark II was investigated in batch studies. The substances were tested in one Control series, that contained brackish water (6‰ salinity) and test substance and one Test series that contained sediment, brackish water (6 ‰ salinity) and test substance. The vials were shaken for different periods (0-30 days). The water and the sediment were then separated, extracted and analysed regarding Clark agents and their metabolite tetraphenyldiarsine oxide. The analysis of the water phase samples showed rapid hydrolysis of the Clark substances and that the concentrations of Clark I and tetraphenyldiarsine oxide were higher in the Control series compared to those in the Test series, which indicates adsorption of the substances to the sediment.

The chemical analysis of the sediment could not verify this. The toxicity of the water phase samples was tested on *Daphnia magna*. These tests showed that the toxicity decreases with time in the Test series and that the toxicity was lower compared to that in the Control

series. This further reinforces the presumption that the substances adsorb to the sediment.

The toxicity of the sediment samples from the Clark I experiment were tested on *Nitocra spinipes*. The results showed that the sediments were toxic even though the chemical analysis could not detect any of the substances.

Egberth Mikael

Akuta effekter på tall (*Pinus sylvestris*) vid våda-utsläpp av klorgas.

Umeå, FOA, 1998, 26 p.

(FOA-R--98-00842-222--SE) (Vetenskaplig rapport)

För att belysa miljöeffekter vid akuta olyckor med kondenserade gaser har tall (*Pinus sylvestris*), under kontrollerade former vid tre olika årstider, utsatts för klorgasexponering. Samtidigt utvärderades en praktisk metod för fältstudier av andra kondenserade gasers akutpåverkan på vegetation. Tallen uppvisade under sin tillväxtperiod allvarliga skador redan vid låga exponeringskoncentrationer och kort exponeringstid. Under tidig sträckningsfas förblev dock årsbarren i det närmaste oskadade. Efter avslutad barrsträckning påverkades alla barren likvärdigt. Mycket liten exponeringseffekt uppmättes under barrrens vintervila i kombination med temperaturer under 0°C.

Resultatet av klorgasexponeringen blev allvarligare än väntat. Under perioden april till november blir det troliga resultatet av 5 ppm klorgas i 5 minuter att alla tallar dör.

Effekterna av gasen blir dock inte nödvändigtvis synliga omedelbart, varför kontinuerlig efterkontroll är nödvändig.

Den använda metoden fungerade bra och är med små förändringar användbar även med andra referensväxter och modellsubstanser.

Berglind Rune, Andersson Ann-Christin

Akut toxicitet av explosivämnen CL20 och FOX-7 på vattenloppan *Daphnia magna*.

Umeå, FOA, 1999, 11 p.

(FOA-R--99-01294-862--SE) (Vetenskaplig rapport)

De explosivämnen som idag används i försvarets ammunition uppfyller i många fall inte moderna miljökrav med avseende på biologisk nedbrytbarhet och toxicitet. Intensiv forskning pågår för att ersätta dagens explosivämnen med nya som har egenskaper som gör dem mindre miljöfarliga. Inom ramen för projektet "Miljöriskbedömningar" genomförs

forskning för att i tidigt skede karakterisera nya explosivämnens ekotoxikologiska egenskaper. Vid institutionen för Energetiska material, FOA 21, har två potentiella explosivämnen, CL20 och FOX-7 (hexanitrohexaazaisowurtzitan resp. 1-dinitro,2-diaminoeten), tagits fram. Avsikten med denna studie var att undersöka den akuta toxiciteten hos CL20 och FOX-7 på vattenorganismer, i detta fall vattenloppa (*Daphnia magna*).

Försöken visade att inget av explosivämnena var akut giftigt för vattenloppa. CL20 hade låg toxisk effekt på vattenlopporna efter 48 timmars exponering. Denna effekt var dock inte helt relaterad till den nominella koncentrationen CL20 i vattnet. I den mättade vattenlösningen av CL20 var effekten den samma som i en utspädd lösning. En möjlig orsak till den låga överensstämmelsen mellan testkoncentrationerna av CL20 och antal immobiliserade djur kan vara att ämnet adsorberas till glaskärlens vägg vilket skulle kunna modifiera den nominella testkoncentrationen. En mättad vattenlösning av FOX-7 inducerade inga toxiska symptom hos vattenlopporna.

Båda substanserna har begränsad löslighet i vatten. Den högsta möjliga koncentrationen av CL20 resp. FOX-7 var med all sannolikhet inte tillräckligt hög för att inducera toxiska effekter på vattenloppan.

Kommande studier bör inriktas på att utforma ett testsystem som ger stabil koncentration av testämnet i vattnet, att undersöka substansernas effekter på andra testorganismer samt att studera kroniska effekter av CL20 och FOX-7 på vattenloppa.

Berglind Rune, Andersson Ann-Christin

Akut toxicitet av två explosivämnen, ADN och FOX-12, på vattenloppa, *Daphnia magna*.

Umeå, FOA, 2000, 13 p.

(FOA-R--00-01364-222-SE) (Vetenskaplig rapport)

De explosivämnen som idag används i försvarets ammunition uppfyller i många fall inte moderna miljökrav med avseende på biologisk nedbrytbarhet och toxicitet. Intensiv forskning pågår för att ersätta dagens miljöfarliga explosivämnen med nya som är mindre miljöfarliga. Inom ramen för projektet "Metoder för miljöriskbedömning" genomförs forskning för att i tidigt skede karakterisera nya explosivämnens ekotoxikologiska egenskaper. Vid institutionen för Energetiska material, FOA 21, har två potentiella explosivämnen, ADN och FOX-12 (ammoniumdinitroamid resp. guanylurea dinitroamid), tagits fram. Avsikten med denna studie var att undersöka den akuta toxiciteten hos ADN och FOX-12 på vattenorganismer, i detta fall vattenloppa (*Daphnia magna*).

ADN var akut giftigt och 48-timmars EC50 för ämnet beräknades till 405 mg/l. Detta innebär att ADN är lika giftigt som ammoniumklorid med avseende på koncentrationen ammonium i vattnet. ADN exponerade djur rörde sig betydligt långsammare än kontrolldjur som inte exponerats. Lösligheten av FOX-12 i vatten var begränsad. Mättad vattenlösning av FOX-12 var inte akut giftigt för vattenloppa. Kommande studier bör inriktas på att undersöka substansernas effekter på andra testorganismer samt att studera deras kroniska effekter på vattenloppa.

4. Miljöfarliga ämnen i ammunition

Berglind Rune, Liljedahl Birgitta

Miljöfarliga ämnen i dumpad ammunition.

Umeå, FOA, 1998, 78 p.

(FOA-R--96-00299-864--SE)

Det svenska försvaret har avyttrat obrukbar ammunition genom dumpning i sjöar, gruvor och hav. Olika ämnen i ammunitionen som bl a explosiv-ämnen och metaller kan om de frigörs ge ekologiska skador på omgivningen.

Denna litteratursammanställning behandlar miljöfarligheten hos de ämnen som finns i drivladdningar (krut m m) och granater (trotyl m m). Inför bedömningen av ämnenas miljöfarlighet har uppgifter om deras exponerings- och effekterrelaterade egenskaper hämtats ur internationella vetenskapliga tidskrifter och handböcker. Vid diskussioner av sammanvägda miljörisiker för olika dumpningsplatser har rapporten utgått från Naturvårdsverkets metodik för riskbedömning av miljöfarliga lämningar (MIFO) från 1996 (prelinjär rapport). De ämnen som enligt KIFS 1994:12 bedöms ha miljöfarliga egenskaper är trinitrotoluen (TNT), hexogen (RDX), pikrinsyra, dibutylftalat och de tungmetaller som ingår i metall-delar och tändrör. Gemensamt för dessa ämnen är att de är akut och kroniskt giftiga för vattenorganismer och/eller att de ger upphov till giftiga produkter vid kemisk eller biologisk omvandling. Föreningarna TNT och RDX kan p g a sin goda rörlighet och långsamma mineralisering i mark förorena grundvattnet. Underlag för ett antal ämnen, bl a nitroguanidin och 2,4,6 trinitrokresol är för ofullständigt för att en säker miljöfarlighets- och miljöriskbedömning för dessa ska kunna göras.

I diskussionen om miljörisiker konstateras bl a att faktorer som pH, salinitet, temperatur, näringsstatusen i sjöar liksom typ av botten, dess syremättnad och vattenmassans turbulens m m kan vara av stor betydelse för spridning och omvandling av explosivämnen.

Lamnevik Stefan, Dyhr Kurt

Kartläggning av potentiella miljörisiker i lysammunition.

Stockholm, FOA, 1999, 27 p.

(FOA-R--99-01261-222--SE)

(Användarrapport)

Syftet med denna undersökning är att kartlägga potentiella miljörisiker vid förbränning av lysammunition för att i ett senare skede utveckla miljövänliga avvecklingsmetoder av lysammunition.

I denna undersökning ingår ett urval av den lysammunition som används i den svenska armén.

Viss lysammunition innehåller klor (Cl) och organiskt material, det finns alltså en risk för bildning av klorerade miljögifter som dioxiner vid förbränning av lysammunition.

Olika delar i viss lysammunition innehåller metaller som utgör ett miljöproblem som exempelvis bly (Pb) och krom (Cr) och metaller som exempelvis barium (Ba) som kan vara tvivelaktigt ur miljöhänseende. Destruktion av lysammunition kan ske i en förbränningsugn som tål hög värme och är försedd med rökgasrening som cykloner för att avlägsna metaller ur rökgaserna och en skrubber för att ta bort metaller, saltsyra (HCl) och svaveloxider som bildas vid förbränningen. Om det bildas klorerade organiska föreningar som dioxiner så kan man använda sig av konventionell reningsteknik för att avlägsna dem.

Lamnevik Stefan, Dyhr Kurt, Pettersson Marja-Liisa **Skadliga metaller i tillsatsmedel till kanonkrut och dubbelbasraketkrut.**

Stockholm/FOA, 1999, 11 p.

(FOA-R--99-01021-222--SE) (Användarrapport)

Syftet med denna undersökning är att undersöka vilka metaller som finns i kanonkrut och dubbelbasraketkrut i syfte att se vilka utsläpp av skadliga metaller som man kan förvänta sig vid förbränning av kruten och vid skjutning. Undersökningen av kanonkrut har visat att avkoppringsmedel som vanligtvis består av tenn(Sn) och blyoxid(PbO) kan vara inblandat i kanon- och automatkanonkrut i kalibern 20-57 mm. Avkoppringsmedlet finns vanligtvis som en folie till grövre kalibrar (57-155 mm). Andra tillsatsmedel som kan finnas i kanonkrut är bly- och aluminiumstearat som används vid tillverkningen av kruten och bariumnitrat som har hittats i endast ett stridsvagnskrut. Vid destruktion genom förbränning av kanonkrut sker ett utsläpp av bly i det fall då avkoppringsmedlet är inblandat i krutet och i det fall då blystearat har använts vid tillverkning av krutet. För att minska utsläppen så är en åtgärd att använda rökgasrening som avskiljer bly och även tenn. För att förebygga utsläpp

vid destruktion genom förbränning av kanonkrut så bör avkoppringsmedlet finnas i en folie som kan avskiljas innan förbränning. Vid skjutning med kanoner så kommer det att ske ett utsläpp av bly från avkoppringsmedlet och i det fall blystearat har använts vid tillverkningen. För att åtgärda utsläppen av bly från kanonkrut vid förbränning och skjutning så måste blyoxiden avlägsnas ur avkoppringsmedlet och blystearat ersättas mot aluminiumstearat. Detta har genomförts där det är möjligt inom svensk industri idag. Till dubbelbasraketkrut finns vanligtvis tillsatser av organiska blyföreningar och även krom- och kopparföreningar kan förekomma för att göra kruten platåbrinnande. Vid tillverkningen kan också blystearat ha tillsats. För att minska utsläppen vid destruktion genom förbränning av bly och i det fall krom och koppar finns i dubbelbasraketkrut så är en åtgärd att använda rökgasreningsutrustning. För att minska utsläpp av bly och i det fall då krom och koppar finns i dubbelbasraketkrut vid skjutning, så krävs omfattande forskning för att försöka hitta nyare och mer miljövänligare tillsatser för att göra dubbelbasraketkruten platåbrinnande.

5. Metoder för destruktion av ammunition

Granbom Per Olof

Återvinning och kemisk destruktion av sprängämnen och drivämnen.

Umeå, FOA, 1995, 33 p.

(FOA-R--95-00155-4.5--SE)

Nya metoder att ta hand om eller destruera utmönstrad ammunition måste utarbetas eftersom sprängning eller bränning i det fria snart inte blir tillåten av miljöskäl. Denna rapport är en litteraturoversikt över återvinningsteknik för sprängämnen och drivämnen samt över kemiska metoder för deras förstöring. Trotyl kan återanvändas i civila sprängämnen men undersöks dessutom som råvara för tillverkning av nya produkter. För kompositkrut och polymerbundna sprängämnen (PBX) redovisas försök att separera komponenter med olika metoder. De kemiska destruktionsmetoderna för sprängämnen och drivämnen som rapporteras i litteraturen utgörs i regel av oxidationsprocesser, som leder till ofarliga produkter. Den tekniskt enklaste metoden är neutralisering genom hydrolys kombinerad med biologisk slutbehandling. Denna metod föreslås bli närmare studerad vid FOA. Andra kemiska destruktionsmetoder under utprovning är superkritisk vattenoxidation, våtluftoxidation, oxidation med luft i saltsmälta, uppslutning med svavel (Adams process) samt elektrokemisk oxidation med silverjon (2+).

Sandström Jörgen, Forsman Mats

Biologisk nedbrytning av explosivämnen.

Umeå, FOA, 1995, 39 p.

(FOA-R--95-00124-4.4--SE)

Försvarsmakten i Sverige destruerar eller återvinner cirka 600 ton explosivämnen per år. Huvuddelen återvinns, dock bränns eller detoneras stora mängder krut. Dessutom finns cirka 90 kända platser där sprängämnen har dumpats i Sverige.

De explosivämnen som finns spridda/dumpade i mark och vatten består huvudsakligen av TNT (trinitrotoluen), RDX (hexahydrotrinitrotriazin) och HMX (oktahydrotetranitrotetrazocin).

På uppdrag från Försvarsmakten har FOA undersökt olika alternativ att destruera explosivämnen. Föreliggande rapport behandlar biologiska tekniker för nedbrytning av explosivämnen. Biologiska metoder har, när metoderna är applicerbara, en klar fördel framför kemiska/termisk metoder i det att de använder sig av kostnadseffektiva mikrobiologiska processer. Slutsatserna är att biologiska tekniker är att föredra för sanering av mark eller vatten som förorenats med TNT, RDX eller HMX. Sanering av andra explosivämnen med biologiska tekniker är mer tveksam för närvarande beroende på att kunskapsnivån med avseende på nedbrytning är lägre. Destruktion av stora mängder explosivämnen med biologiska tekniker är också tveksamt.

Carlsson Tomas, Lamnevik Stefan

Destruktion av explosivämnen genom förbränning.

Stockholm, FOA, 1997, 20 p.

(FOA-R--97-00426-222--SE) (Vetenskaplig rapport)

FOA har av HKV fått i uppdrag att utveckla ett förfarande för förbränning av explosivämnen som suspension eller emulsion i olja som har patenterats av FOA. Uppdraget är treårigt och påbörjades 1 juli 1994.

Denna rapport beskriver vad som framkommit ur teknisk synpunkt under de två första arbetsåren. Förfarandet bygger på att det skulle vara möjligt att få en blandning av explosivämnen och eldningsolja att vara brännbar men icke detonierbar om blandningsförhållandet reglerades så att energiinnehållet för blandningen i sig och utan närvaro av luft inte översteg 1 MJ/kg. Så har också kunnat bekräftats med utförda experiment med sprängämnen pentyl, hexogen och trotyl. En försöksanläggning har byggts upp vid FOA Grindsjön. Denna består av en vattenmantlad keramisk eldstad med skorsten, försedd med gasuttag för mätning av gaskoncentrationer, uppåtriktad brännare med tillbehör samt blandnings- och doseringsan-

ordning för explosiv- ämne/olja. Prov gjordes tidigt med en konventionell oljebrännare (storlek strax över den för småhus). Denna typ visade sig vara olämplig, främst beroende på för små inre kanaler och på att den hade förbränning i ett steg, vilket ger höga kväveoxidhalter. I anläggningen sitter nu en tvåstegs keramisk tryckluftsbrännare med gasoltändning. Med denna utrustning har man kommit ned till 700 ppm kväveoxider vid förbränning av trotyl i aceton/eldningsolja. Ett viktigt tekniskt problem är att komma ned i tillräckligt liten partikel-storlek för ingående fasta explosivämnen, i synnerhet för försök i liten modell-skala.

Hägglund Lars, Burman Jan, Lamnevik Stefan, Carlsson Tomas
Ammunitionsdestruktion - metoder, miljöpåverkan och förslag till utsläppsgränser.
 Umeå, FOA, 1999, 34 p.
 (FOA-R--99-01172-222--SE) (Användarrapport)

Denna rapport tar upp olika metoder för destruktion av ammunition och explosivämnen. I rapporten ges exempel på olika tekniker och kostnader. En viktig aspekt är att destruktionen bör ske på ett sätt som är acceptabelt för miljön. Det finns även förslag till utsläppsgränser.

6. Explosivämnen i miljön

Eriksson Johan
TNT i Östersjösediment
 Umeå, FOA, 1996, 27 p.
 (FOA-R--96-00343-8.7--SE) (Metodrapport)

Fram till 1970 har åldrad ammunition dumpats i gruvor, sjöar och hav. Medför den dumpade ammunitionen en miljörisk? Bör åtgärder vidtas för att förhindra spridning av toxiska ämnen? Idag återvinns det mesta av åldrad ammunition. Ett ämnes transport i mark avgörs till stor del av adsorptionsprocesser till fasta partiklar. Det är flera faktorer som avgör i vilken utsträckning adsorptionen sker. I laboratoriet bör därför den specifika miljö som är av intresse återskapas. För att ta fram adsorptionsisotermer användes Batch-försök. Metoden valdes för att den var snabb och att det gick att återskapa olika miljöförutsättningar. I försöket undersöktes TNTs adsorption till Östersjösediment. Bräckt vattens inverkan på adsorptionen vid två olika redoxpotentialer undersöktes. Isotermerna bestämdes vid +4°C. Försöksresultaten visade att

storleken på de linjära adsorptionsisotermerna varierar mellan 3.4-7.5 (liter/kg). Detta var beroende av miljön. Lösligheten av TNT var större i det bräckt vattnet än i det avjoniserade vattnet. En generell slutsats om relationen mellan miljön och TNTs fastläggning i sediment var svår att dra eftersom ingen tydlig trend fanns i resultatet.

Liljedahl Birgitta, Eriksson Johan
TNT - uppträdande i mark och grundvatten: en kunskapsöversikt.
 Umeå, FOA, 1996, 11 p.
 (FOA-R--96-00268-222--SE) (Användarrapport)

Rapporten avser att ge en kort kunskapsfattning avseende TNTs (trotyls) spridning och uppträdande i mark och grundvatten under naturliga förhållanden. Materialet skall kunna användas som beslutsunderlag vid bedömning av miljöpåverkan vid infiltration av TNT-haltigt vatten i naturmark. Vid infiltration av TNT genom naturmark kan en fastläggning till marken förväntas. Omfattningen på fastläggningen kommer att bero på de naturliga förhållandena på platsen, som lerhalt, markens järninnehåll, dess katjonbyteskapacitet med mera. Fastlagt TNT kan i princip ses som en deponi, vilken kan förväntas "läcka" små mängder TNT under en längre period. Om halten TNT i marken inte är så hög att den slår ut den naturliga mikrobiella floran, kan en viss mikrobiell nedbrytning förväntas. Nedbrytningen kan ske aerobt eller anaerobt beroende på grundvattenytans läge. Vid nedbrytningen kan olika metaboliter förväntas, av vilka vissa under ogynnsamma omständigheter kan vara mer toxiska än TNT.

Berglind Rune, Henriksson Christina
Kvarlämnad rökammunition med vit fosfor (P4): miljörisiker ur ett långtidsperspektiv.
 Umeå, FOA, 2000, 15 p.
 (FOA-R--00-01569-222--SE) (Användarrapport)

Försvarsmakten har gett FOA i uppdrag att undersöka eventuella miljörisiker av kvarlämnad, klickad rökgranatammunition innehållande vit och röd fosfor. Röd, violett och svart fosfor är ogiftiga och har inte behandlats i denna rapport. Uppgifter om toxicitet har enbart hittats för vit fosfor och föreningen är mycket frätande. Vit fosfor har en mjuk vaxliknande konsistens och är färglös till gulaktig. Uppgifter finns om incidenter i Baltikum där bärnstenssamlare på stranden förväxlat bärnsten med vit fosfor. Vit fosfor har en mycket kort halveringstid (minuter) i luft. Halveringstiden i vatten är något längre (timmar-

dygn) men risken för skador på fisk och andra vattenlevande organismer bedöms som låg. Partiklar av vit fosfor som ligger i vattenmättade sediment, t.ex. på sjöbotten, kan bestå på obestämd tid. Vid ett militärt övningsområde i Alaska har man konstaterat att en av de största orsakerna till sjöfågelsdöd var att fåglarna misstog fosforpartiklar för föda.

Studien visar att partiklar av vit fosfor är den förekomstform som utgör det största hotet mot miljön. Förekomsten av fragment av vit fosfor vid svenska skjutfält bör därför undersökas och sättas i relation till antal skjutna skott och antalet kvarlämnade blindgångare.

Ng Lee Ching, Forsman Mats

Whole cell biosensor for the detection of explosives.

(Indikering av minor med indikatorbakterier.)

Umeå, FOA, 2000, 39 p.

(FOA-R--00-01412-222--SE)

(Scientific report/Vetenskaplig rapport)

Det finns ett stort behov av billiga enkla screeningsmetoder för att identifiera oexploderade minor. I detta arbete har potentialen av att använda indikatorbakterier för att påvisa minor undersökts. Potentiella fördelar med detta koncept för att detektera minor är många. Stora ytor kan undersökas vid varje tillfälle, bakterierna är lätta att transportera till minfältet och kan även odlas på plats om nödvändigt. Metoden är tekniskt väldigt enkel och kostnadseffektiv. Sensor- och regulatorproteinet DntR's specificitet och känslighet för olika explosivämnen ingående i minor undersöktes. Detta har gjorts genom att placera genen för GFP (green fluorescence protein) efter den promotor som DntR kände igen. Resultatet av detta är att bakterier som innehåller denna konstruktion kommer att autofluorescera i närvaro av det ämne som DntR känner igen. Detta system användes för att bestämma specificiteten av DntR. Resultatet visade att DntR reagerade kraftigast mot salicylat och mycket svagt mot 2,4-DNT och TNT. Eftersom 2,4-DNT kvantitativt dominerar i luftfasen i omedelbar närhet av de vanligast förekommande minorerna, gjordes försök att genom DNA-shuffling ändra specificiteten av DntR till att också inkludera kraftig reaktion mot 2,4-DNT. Efterföljande screening och rening av genererade mutanter visade att det med genetisk manipulation var möjligt att ändra sensorspecificiteten av ett sensorprotein. Mutant 3 i studien uppvisade lägre reaktion med salicylat och kraftigare reaktion med 2,4-DNT och TNT. Mutant 6 uppvisade endast kraftigare reaktion med TNT, medan mutant 2 och 4 inte uppvisade någon ökad reaktion med några av de

provade substanserna. Sammanfattningsvis, så visade studien att det är möjligt att förändra specificiteten hos DntR mot ökad reaktion med 2,4-DNT, vilket visar att potentialen att använda indikatorbakterier för detektering av minor finns, förutsatt att känsligheten kan förbättras.

There is a great demand for cost-effective, simple and safe screening methods for identification of unexploded mines. This project seeks to explore the possibilities of whole-cell biosensor that could emit signals specifically in response to explosives contained in mines. Possible advantages of such a biosensor concept are that it can cover huge areas at a single time, it can be brought to the field easily, it is technically very simple and inexpensive. In this work, the chemical sensing capabilities of the regulator protein DntR was exploited. A genetic system that signals any sensing of compounds by the regulator protein was constructed by cloning a green fluorescence gene downstream of the promotor regulated by DntR. The emission of fluorescence by the bacterium that contained the genetic system implied the presence of specific compounds recognized by the sensor protein. The whole-cell sensing system was used to determine the sensing specificity of DntR and its derivatives. The results showed that DntR responded mostly to salicylate and very slightly to 2,4-DNT and TNT. Since 2,4-DNT quantitatively dominates in the vapour phase emitted from buried landmines, attempts were made to alter the specificity of DntR by DNA-shuffling to include 2,4-DNT. Subsequent screening of mutant libraries and isolation of mutants demonstrated that genetic manipulations, particularly DNA-shuffling, could accelerate evolution in the laboratory, resulting in the alteration of the sensing specificity of a sensor protein. Mutant 3 of the study exhibited suppressed response to salicylate but elevated response to the other compounds. Mutant 6 shows increased response to only TNT, while mutants 2 and 4 showed no significant increment in response to any of the novel compounds. In conclusion, a whole-cell bacterium encompassing the fluorescence reporter system described here and a sensor protein, with high specificity and sensitivity to TNT, 2,4-DNT or other major component of land mines, has a potential for the development of a biosensor for the detection of land mines.

7. Miljöriskbedömning av dumpad ammunition

Liljedahl Birgitta, Qvarfort Ulf

Dumpad ammunition i gruvschakt, Dalkarlsberg: en miljöriskbedömning.

Umeå, FOA, 1997, 76 p.

(FOA-R--97-00651-222--SE) (Användarrapport)

Mellan 1955 och 1968 dumpade Försvarsmakten ca 900 ton ammunition i två gruvschakt i Dalkarlsbergsgruvan. Schakten har därefter även använts som upplag för hushållsavfall samt avloppsslam från Nora kommuns reningsverk. En fördjupad utredning har genomförts för att belysa risken för miljöpåverkan från schakten till omgivande brunnar och närliggande vattendrag dels i dagsläget, dels i ett långtidsperspektiv.

Ett förslag till åtgärdsprogram har lämnats. Utredningen har utförts på uppdrag av Försvarsmakten och genomfördes av FOA NBC-skydd i Umeå och Institutionen för Geovetenskap, Uppsala universitet.

Studien har innefattat grundvattenmodellering samt kemiska- och toxikologiska analyser av vatten från schakten och privata brunnar inom påverkansområdet. En sedimentundersökning av en närliggande sjö, Vikern, ingår också i undersökningen.

Resultatet av grundvattenmodelleringen visar att den huvudsakliga transporten av föroreningar sker inom schakten.

Eventuella föroreningar är därför koncentrerade till ett avgränsat område som bedöms vara relativt lätt att kontrollera.

De kemiska analyserna visade att vattnet i schakten i stort är av dricksvattenkvalitet. Detta beror på det relativt höga flödet som råder i schakten vilket medfört att lösliga komponenter idag i stort sett är urtvättade. Samtliga undersökta brunnar har dricksvattenkvalitet.

Schakten bör förseglas för undvikande av ytterligare dumpningar.

Det är också viktigt att utreda vilken reningsmetod som är mest lämplig för eventuell framtida rening av den bäck som avvattnar schaktområdet.

Fortsatt provtagning av omgivande brunnar eller sanering av schakten bedöms i dagsläget ej nödvändig.

Andersson Ann-Christin, Eriksson Johan, Nygren Yvonne, Hägglund Lars, Forsman Mats
Miljöriskbedömning av oexploderad ammunition i akvatisk miljö: förstudie.

Umeå, FOA, 1998, 24 p.

(FOA-R--98-00814-222--SE) (Vetenskaplig rapport)

Strax efter andra världskriget dumpades eller störtades explosivämnen på olika platser i Sverige, p g a avsaknad av destruktionsanläggning. Framförallt har det dumpats i insjöar, vilket har medfört att ammunitionen ligger i sediment, men även i havsområden och nedlagda gruvschakt. I Sverige finns det cirka 100 kartlagda platser, där dumpning av explosivämnen har skett. På uppdrag av försvarsmakten utför FOA under 1998-99 en riskbedömning av dumpad ammunition i svenska insjöar. Utredningen skall bedöma miljörisker idag och på lång sikt i händelse av läckage av TNT och metaller från ammunitionen till omgivningen. TNT, som är klassat som ett miljöfarligt ämne, är huvudkomponent i de explosivämnen som är dumpade.

Mot bakgrund av den omvandling av TNT som sker i naturen har i därför föreliggande rapport ett TNT-utsläpp simulerats under olika förhållanden i ett naturligt bottensediment.

Syftet med denna studie har varit att ta fram laboratoriemetodik och experimentellt underlag för hur TNT uppträder i akvatiska miljöer.

Resultaten från studien visade på

1. en snabb omvandling av TNT till andra metaboliter, att bildade metaboliter adsorberades hårt till använda sedimentet,
2. att en mättnad av sedimentet med avseende på förmåga att adsorbera metaboliter uppnåddes under de använda experimentella förhållanden och
3. att vattenlösliga metaboliter härrörande från TNT bildades.

Sjöström Jan, Liljedahl Birgitta, Forsman Mats
Miljöriskbedömning av dumpad ammunition i svenska insjöar: explosivämnens och metallers uppträdande i vatten- och sedimentfas.

Umeå, FOA, 1999, 70 p.

(FOA-R--99-01070-222--SE) (Användarrapport)

På uppdrag av och med finansiering från Försvarsmakten har FOA NBC-skydd i samarbete med Uppsala universitet genomfört en miljöriskbedömning av fyra utvalda insjöar med dumpad ammunition. Riskbedömningen avser miljöpåverkan i nutid och på lång sikt och fokuserar på de förväntade föroreningarna av explosivämnen och tungmetaller. Utredningen har omfattat litteraturstudier, fältarbeten och kemiska analyser samt laboratorieförsök avseende

explosivämnen fastläggning till de aktuella sjösedimenten.

Resultaten från utredningen ger vid handen att flera sjöar idag uppvisar en kraftig föroreningsbild i sedimenten. Föroreningarna har dock ej kunnat kopplas till den dumpade ammunitionen, utan bedöms ha andra källor.

I nutidsperspektiv dras slutsatsen att ammunitionen ännu ej börjat "läcka" kemikalier och därför ej utgör något miljöhot. Undantag har gjorts för sjön Lomtjärn, där uppgifter om att dumpningar i sjön självdetonerat gör att slutsatser är svåra att dra utan djupare kunskaper bl.a. om hur kvarvarande ammunition i sjön ser ut idag. På lång sikt bedöms sjöar med hög sedimentationshastighet löpa mindre risk för framtida miljöpåverkan. I sådana sjöar kan det antas att explosivämnen kommer att fastläggas i sedimenten snarare än att de via vattnet sprids ut i ekosystemen. Små skogstjärnar med mycket stora dumpningsmängder och begränsad sedimentation, kan antas utgöra en större risk då spridning av framförallt tungmetaller ej helt kan uteslutas. Utredningen lyfter fram behovet av ett nära samarbete mellan olika parter där separata föroreningskällor kan studeras i samlat grepp.

Qvarfort Ulf, Sjöström Jan, Bäckström Mattias,
Forsman Mats

Fördjupad miljöriskbedömning av två sjöar inom Bofors skjutfält.

Umeå, FOA, 2000, 16 p.

(FOA-R--00-01455-222--SE) (Underlagsrapport)

Försvarets forskningsanstalt (FOA) har på uppdrag av Bofors AB, Bofors Test Center, tidigare genomfört en undersökning och miljöriskbedömning av området inom Bofors skjutfält och Björkborns brännplats.

I denna undersökning framkom det som angeläget att mer detaljerat kartlägga de kraftigt förhöjda sedimenthalter av kvicksilver (Hg) i Lomtjärn och bly (Pb) i Ormtjärn. I föreliggande rapport redovisas resultaten av den kompletterande och fördjupade undersökningen.

Resultaten visar att sjöarnas sediment bör åtgärdas. Hur detta ska göras kan utredas närmare i en detaljerad saneringsplan där hänsyn tas till problemets omfattning och karaktär samt tekniska lösningar m m.

8. Miljöriskbedömning av skjutfält och militära anläggningar

Scott Åsa, Sjöström Jan

Miljöriskbedömning av förbrännings-, sprängnings- och deponeringsområden inom Bofors skjutfält och Björkborns industriområde.

Umeå, FOA, 1999, 26 p.

(FOA-R--99-01029-222--SE) (Underlagsrapport)

Bofors AB har sedan 1800-talet bedrivit skjutverksamhet inom ett ca 10 000 ha stort skjutfält beläget i Karlskoga, Örebro och Nora kommuner, Örebro län. Utöver skjutningarna har även avfallshantering skett vilket inneburit att delar av fältet nyttjas för förbränning, sprängning och deponering av huvudsakligen industriellt avfall och ammunition. Nedslagna/fallna ammunitionsrester eller sk blindgångare är också att betrakta som avfall. Avfallshantering har också förekommit på Björkborns industriområde i Karlskoga. Enligt ett beslut från Koncessionsnämnden för miljöskydd ska bolaget bl a "...utreda behovet av saneringsåtgärder och efterbehandling med hänsyn till förekommande föroreningshalter i omgivningen i anslutning till förbrännings-, sprängnings- och deponeringsområdena".

Försvarets forskningsanstalt (FOA) har av Bofors AB fått i uppdrag att undersöka samtliga mark- och vattenområden som nyttjats för förbränning, sprängning och deponering.

Denna rapport utgör den orienterande fasen av projektet. I den orienterande fasen har områdena kartlagts och all provtagning som företaget gjort har studerats för att läggas samman till en rekommendation inför utförligare provtagning och miljöriskbedömning (fas 2).

Sammanställningen av materialet visar att både karaktär och volym av avfallshanteringen inom skjutfältet och industriområdet, är sådan att en omfattande provinsamling/analys är nödvändig för att kunna göra en miljöriskbedömning ur såväl nutids- som framtidsperspektiv. Allmänt bör både mark- och grundvattenprover tas ut från olika djupnivåer på förbränningsplatserna vid Rösimmen och inom Björkborns industriområde. Vid Risgripens och Tolsboda sprängplatser bör prover tas från ytligt markskikt. I samtliga sjöar behövs prover från bottenvatten samt sediment invid plats för dumpning eller ammunitionsnedslag. Prov bör även inhämtas från krevadgropar på myrmark. Inledningsvis görs lämpligen analys av metaller, TNT samt några andra explosivämnen och förväntade nedbrytningsprodukter i ett begränsat antal strategiskt utvalda prov.

Resultaten får utvisa den fortsatta undersökningens utformning, behov och inriktning.

Sjöström Jan, Qvarfort Ulf, Scott Åsa,
Liljedahl Birgitta, Fällman Åsa, Hägglund Lars,
Berglind Rune, Wiklund Anna
**Miljöriskbedömning av förbrännings-,
sprängnings- och deponeringsområden inom
Bofors skjutfält och Björkborns industriområde.**

Umeå, FOA, 1999, 70 p.

(FOA-R--99-01170-222--SE) (Användarrapport)

När Bofors AB sökt och fått koncession för sin verksamhet vid skjutfältet har koncessionsnämnden uppdragit åt bolaget att utreda behovet av saneringsåtgärder och efterbehandling av berörda markområden. Försvarets forskningsanstalt (FOA NBC skydd i Umeå) har på uppdrag av Bofors AB genomfört en miljöriskbedömning av förorenad mark i områdena. Arbetet har genomförts i samarbete med Uppsala universitet. Efter en inledande utredning har ett antal objekt prioriterats för provtagning och analys. Undersökta objekt är sjöar (tolv punkter), krevadgropar (tre stycken), sprängplatserna Tollsroda och Risgripen, Björkborns industriområde samt brännplatsen inom skjutfältet.

Provtagning och analys har omfattat grundvatten, ytvatten, sjösediment samt ask- och markprover. Toxicitetsanalyser (vattenloppa, Daphnia magna) har genomförts för 15 prover. Objekten har riskklassats enligt Naturvårdsverkets MIFO-metodik, där en fyrgradig skala nyttjas. Utredningen visar att föroreningsbilden starkt domineras av sprängämnen och tungmetaller. Höga halter av tungmetaller har påträffats i de flesta av sjöarna medan krevadgroparna uppvisar ringa påverkan med undantag av Älgsimsmossen (höga halter av Cu, Cd och Hg). Fem objekt har placerats i riskklass 1 där de viktigaste (mest förorenade) är skjutfältets brännplats invid Rösimmen samt bränngruppen på Björkborns industriområde. Orsaken till att de hamnat i riskklass 1 är mycket höga halter av bly, zink, kvicksilver, aluminium, kadmium, koppar och krom samt höga halter av sprängämnesrester i mark och ytvatten. På skjutfältets brännplats påträffades även höga halter av sprängämnen i grundvatten. Tre sjöar har placerats i riskklass 1, nämligen Långsjön (omfattande dumpning och höga halter av bly), Ormtjärn (mycket höga halter av bly, ca 2000 mg/kg TS) samt Lomtjärn (mycket höga halter av kvicksilver, ca 350 mg/kg TS). Övriga objekt har placerats i riskklass 3 eller 4.

Henriksson Christina, Liljedahl Birgitta, Sjöström Jan
**Miljöriskbedömning av kablar i mark vid militära
anläggningar: förstudie.**

Umeå, FOA, 2000, 17 p.

(FOA-R--00-01528-222--SE) (Användarrapport)

Avyttring pågår av militära anläggningar runt om i Sverige. En viktig frågeställning är om de markanlagda kabelsystemen kan lämnas kvar eller om de måste tas upp efter det anläggningen tagits ur bruk. Föreliggande förstudie belyser den miljöpåverkan som kablar i mark vid militära anläggningar eventuellt kan ge upphov till. Rapporten behandlar dagens kunskapsläge beträffande kablers korrosion samt miljöeffekter vid kvarlämning respektive sanering. Det lämnas också förslag på lämpliga militära anläggningar där fördjupade och kompletterande undersökningar kan utföras.

Bly har kända ekologiska effekter och används som mantelmaterial i äldre s.k. papperskablar (anlagda efter 1900). För högre spänningar övergick man från papperskabel till oljekabel under 1930- och 40-talen. Detektion av olja och PCB som utlakats ur s.k. lättoljekabel har belysts i några rapporter. Vad gäller modernare plastisolerade kablar (anlagda under 1950- och 60-talen och framåt) framgår att tillsatserna ger störst miljöpåverkan. Exempelvis mjukgörare (ftalater) i främst PVC-mantlade kablar. Sammantaget visar förstudien på kunskapsluckor när det gäller läckagemängder, spridning och miljökonsekvenser av de metaller och organiska föreningar som förekommer i kablar. Behov finns av praktiska undersökningar och fältförsök som kan kombineras med laboratorieförsök.

9. Miljöeffekter och krig

Buchta Katharina

**Miljöskydd under väpnade konflikter - ett folk-
rättsligt perspektiv.**

Stockholm, FOA, 1997, 87 p.

(FOA-R--97-00506-170--SE) (Vetenskaplig rapport)

I samband med målsättningen om hållbar utveckling aktualiseras frågan huruvida det militära försvaret, i enlighet med principen om sektorsansvaret, bör minska sin miljöbelastande verksamhet under väpnade konflikter.

Rapporten behandlar de folkrättsliga regler som skyddar miljön i krig.

Syftet är att med utgångspunkt i Rio-deklarationen, internationell sedvanerätt, konventioner med mera, kartlägga folkrättens miljöskydd och visa på brister i nuvarande regelkomplex.

Tyngdpunkten har lagts på krigets lagar. Rapporten diskuterar även förhållandet mellan den internationella miljörätten och krigslagsstiftningen samt innehåller en översiktlig beskrivning av miljörättens sedvanerättsliga principer och ett urval av de överenskommer som har relevans för miljöns skydd under väpnade konflikter.

Avslutningsvis ges förslag till förbättringsåtgärder genom vilka totalförsvarets verksamhet i krig kan anpassas till ekologisk hållbarhet samt hur miljöns skydd i krig kan förbättras på ett internationellt plan. Förslagen bygger på Princip 24, Rio-deklarationen som säger att folk-rättens regler för skydd under väpnade konflikter måste respekteras samt, om så bedöms nödvändigt, utvecklas.

I rapporten presenteras även ett nytt begrepp, 'särskilt miljöskadliga vapen'.

Forsman Mats

Förstudie: långtidseffekter av biologiska stridsmedel.

Umeå, FOA, 1998, 22 p.

(FOA-R--98-00838-170--SE) (Användarrapport)

B-stridsmedel är avsedda att infektera och vålla sjukdom eller död bland människor, djur eller växter. De sjukdomsframkallande mikroorganismer som kan utnyttjas som B-stridsmedel, såsom B-agens, utgörs framförallt av bakterier, virusprotozoer och svampar. B-stridsmedel kan spridas via luft, livsmedel, vatten, insekter eller genom kontakt med smittade vävnader. För att sprida B-stridsmedel via aerosol kan generatorer placeras på fartyg, flygplan, fordon eller i utrymmen där många människor vistas. B-stridsmedel kan också spridas med projektiler eller robotar.

För sabotage eller terroristinsatser kan det räcka med små kvantiteter och relativt enkel apparatur.

B-stridsmedel och deras möjlighet att på lång sikt påverka vår miljö beror på deras förmåga att överleva. Det finns bevis för att B-stridsmedel i sporform kan överleva under mycket lång tid i miljön, i vissa fall i decennier. För de flesta B-agens saknar vi dock kunskap om deras överlevnad i miljön.

Karlsson Edvard, Runn Per, Sjöström Jan

Miljöeffekter av kemiska vapen.

Umeå, FOA, 1998, 39 p.

(FOA-R--98-00839-170--SE) (Användarrapport)

En sammanställning har gjorts av litteraturuppgifter om miljöeffekter från nervgaserna sarin, soman och VX, samt de hud- och vävnadsskadande ämnena

senapsgas och lewisit. Några enkla modellberäkningar har också utförts för att belysa kvarliggningstider och konsekvenser i mark, sjöar och vattendrag. Akut utslagning av djurliv inom 10-tals kilometers avstånd kan väntas vid anfall med nervgaser. Effekter på betande djur kan kvarstå i månader inom ett sådant område ifall nervgasen VX används.

Lokala effekter på mark inom målområdet (någon eller några km²) kan kvarstå lång tid efter spridning av lewisit. I övrigt upphör effekter på markytan inom ca 10 dagar på sommaren och inom några månader på vintern. Vid spridning av VX på mark kan inte långsiktiga och allvarliga hälsoeffekter uteslutas för ytligt grundvatten vilket nyttjas som dricksvatten.

Om utspridning av VX eller lewisit råkar ske över sjöar eller vattendrag kan mer betydande långsiktiga miljöeffekter förväntas uppstå bl a eftersom nedbrytningsprodukterna är giftiga. Vid spridning över vatten sker akut utslagning av djurliv och effekter kan dröja kvar i flera år.

Slutligen identifieras några viktigare kunskapsluckor som visar att fördjupade studier behövs beträffande nedbrytning, transport och utspädning främst för sjöar och vattendrag. Vad gäller mark och grundvatten finns också kunskapsluckor avseende transport, adsorption samt kemisk och biologisk nedbrytning.

10. Årsrapporter

Årsrapport 1994/95 för forskningsområde "Miljösäkerhet"

Ahlberg Mats

Stockholm, FOA, 1995, 10 p.

(FOA-R--95-00179-1.5--SE)

Rapporten sammanfattar resultaten under 1994/95 inom FOAs forskningsområde "Miljösäkerhet". (Forskningsområdet bytte under året benämning från "Miljöforskning" till "Miljösäkerhet").

Forskningsområdet Miljösäkerhet var nytt för budgetåret 94/95. Under året genomfördes en första kartläggning över viktiga framtida områden. Miljöanpassning av försvarsmateriel bedöms som viktigast.

En metod för ammunitionsdestruktion via förbränning vidareutvecklas och litteraturstudier avseende andra kemiska destruktionsmetoder liksom biologiska nedbrytningsmetoder har genomförts. En toxikologisk undersökning av slipdamm från en kolfiberarmerad detalj från flygplanet Viggen visade att slipdammets skadlighet var mycket låg. Undersökningar visar att det är fullt möjligt att åstadkomma en brännbar blandning av olja och sprängämne som ej är explosiv.

Ahlberg Mats

Årsrapport 1995/96 för FoT-området. Miljöfrågor.

Stockholm, FOA, 1997, 21 p.

(FOA-R--97-00398-222--SE) (Verksamhetsrapport)

Rapporten sammanfattar resultaten under budgetåret 95/1996 (1,5 kalenderår) för forskningsområdet "Miljöfrågor".

En metod för miljövänlig förbränning av explosivämnen som suspension eller emulsion i olja har utvecklats och patenterats.

I en demonstrationsanläggning har visats att kväveoxidhalterna i rök- gaserna kan hållas nere till 700 ppm.

En metod för att kemiskt omvandla föråldrad TNT till ett nytt bättre explosivämne verkar lovande och skall patentsökas.

Uppbyggnaden av en tvärvetenskaplig kompetens avseende miljöriskbedömning har påbörjats.

En grundvattensspridningsmodell har inskaffats och ett geokemiskt laboratorium är under uppbyggnad.

Studier har inletts avseende explosivämnens uppträdande i mark samt sediment från Östersjön. TNT omvandlas snabbt till olika nedbrytningsprodukter.

Cirka 15 % av dessa förblir vattenlösliga. Två ekotoxikologiska testmetoder nyttjande lövmask respektive vattenloppa har satts upp. Preliminära tester på tre nya explosivämnen utvecklade vid FOA indikerar att åtminstone två av dem har lägre toxicitet än TNT. För att driva på miljöanpassningen av försvarsmateriel har två förstudier genomförts vilka resulterat i nya projekt för 1997.

Det ena rör utvecklingen av ekonomiska strategier och det andra miljöanpassade material. Vid institutionen för energetiska material har en miljövänlig process för tillverkning av det miljöanpassade explosivämnet ADN patenterats.

Tekniken har överförs till Bofors. Den inom forskningsområdet hittills utvecklade kompetensen om försvarsmiljöfrågor har utnyttjats i uppdrag beställda och finansierade i särskild ordning av Försvarsmakten, FMV och Bofors huvudsakligen rörande miljöriskbedömningar av militära lämningar.

Rapporten avslutas med en sammanställning av dessa uppdrag.

Ahlberg Mats

Årsrapport 1997 för FoT-området Miljöfrågor. (FM)

Stockholm/FOA, 1998, 23 p.

(FOA-R--98-00685-222--SE) (Verksamhetsrapport)

Rapporten sammanfattar resultaten under budgetåret 1997 för forskningsområdet "Miljöfrågor". I ett utbytesprogram av personal mellan FOA och Natur-

vårdsverket har ett förslag till riktlinjer för miljöanpassade materialval i försvarsmateriel tagits fram. FOA har deltagit i ett samverkansprojekt med USA rörande "Miljötänkande vid materielanskaffning" som avses leda till framtagandet av en internationell handbok. En metod för förbränning av explosivämnen har utvecklats och fungerar väl för ämnen i lösning, emulsion och suspensioner med små partiklar. Studier har påbörjats avseende förbränning i saltsmälta. Olika möjligheter att utnyttja TNT som råvara för civila produkter har undersökts. De enda ekonomiskt försvarbara produkterna visar sig vara civila sprängämnen.

En tvärvetenskaplig kompetens för miljökonsekvensanalyser med inriktning på problem inom försvaret är nu uppbyggd.

I ett första steg studeras TNTs nedbrytning i modellsystem. Studierna visar att 90% bryts ned eller binds till sediment inom en vecka. Cirka 15% omvandlas till vattenlösliga metaboliter vilka kan vara miljöbelastande. Kompetensen avseende miljökonsekvensanalyser har nyttjats i ett flertal direktfinansierade projekt från Försvarsmakten och Bofors AB.

Den mest omfattande utfördes åt Försvarsmakten och rörde en undersökning av långsiktiga miljöeffekter från dumpad ammunition i två gruvschakt i Dalkarlsberg. Kompetensen inom forskningsområdet är förutom i den framtida verksamheten också viktig för bedömning av miljökonsekvenser vid lågnivåhot samt vid deltagande i internationella operationer.

Ahlberg Mats

Årsrapport 1998 för FoT-området Miljöfrågor (FM).

Stockholm/FOA, 1999, 18 p.

(FOA-R--99-00988-222--SE) (Verksamhetsrapport)

Rapporten sammanfattar resultaten under budgetåret 1998 för forskningsområdet "Miljöfrågor".

I samverkan med Naturvårdsverket har en rapport "Miljöanpassade materialval - vägledning för försvarssektorn utifrån miljöpolitiska ställningstaganden" publicerats. En förstudie har inletts där attityder till försvarets miljöarbete undersöks. Tillsammans med Forsvarets forskningsinstitut har en nordisk försvarsmiljöforskardag genomförts i Oslo.

Undersökningar av explosivämnens spridningsbenägenhet och giftighet i mark och vatten har genomförts. Dessa visar på att TNT och dess nedbrytningsprodukter sitter hårt fast på partiklar i mark och sediment. Fördelningen mellan fastfas, vattenfas och gasfas kan dock variera. Det verkar ej vara så att blandningar av explosivämnen och tungmetaller är mer giftiga för miljön än det värde man får om man summerar deras respektive giftighet. I ett projekt jämförs förbränningsegenskaperna i en saltsmälte-

reaktor med de i en fluidiserad bädd vid destruktion av explosivämnen. Inledande försök ifrågasätter salt-smältereaktorns effektivitet. En provreaktor för destruktion av pyrotekniska satsar har tillverkats. Möjlighet finns att återvinna värdefulla metaller från destruktion av rökgranater. En utredning om tungmetaller i röksvaga krut visar att flera krut innehåller tungmetaller: bly, tenn, barium. Det går inte att utan vidare ta bort bly i dessa tillämpningar. Kompetens inom forskningsområdet har bl a använts för miljöriskbedömningen av dumpad ammunition i insjöar.

Fängmark Ingrid

Årsrapport 1999 för FoT-området Miljöfrågor (FM).
Stockholm, FOA, 2000, 22 p.
(FOA-R--00-01396-222--SE) (Verksamhetsrapport)

Rapporten sammanfattar uppnådda resultat under budgetåret 1999 för forskningsområde Miljöfrågor (FoT 22).

En förstudie avseende attityder till miljöarbete inom försvaret har genomförts och rapporterats. Studien visar att attityderna till miljöarbetet varierar starkt, från åsikten att miljöarbete är en självklarhet till att miljö och försvar inte hör ihop.

En nordisk försvarsmiljöforskardag för informationsutbyte har arrangerats och genomförts i Stockholm. Metodik att studera explosivämnens ekototoxicitet och öde i mark har vidareutvecklats. Simulering av utsläpp av TNT i insjömiljö visar att TNT omvandlas snabbt och binder till insjösediment. Dessa sedimentpartiklar kan via filtrerande kräftdjur föras vidare upp i näringskedjan. Förekomst och potentiell effekt av detta behöver studeras vidare. En matematisk modell för att beskriva adsorption av TNT på organiskt material har utvecklats och stöder hypotesen att organiskt material bidrar till spridning av vattenlösligt TNT.

Inledande toxicitetsstudier på två nya sprängämnen tyder på att dessa har relativt låg toxicitet.

Sammansättningen av röksvaga krut och lysammunition har undersökts med avseende på miljöfarliga ämnen.

Vissa röksvaga krut innehåller tungmetaller som bly, tenn, krom och koppar. Lysammunition innehåller klor och organisk material som vid förbränning kan bilda miljögiftet dioxin. Därutöver finns tungmetaller som bly och krom.

Ett översiktligt förslag till miljövänlig process för förbränning av lysammunition har utarbetats och en demonstrationsanläggning för förbränning av rökammunition har byggts upp vid FOAs anläggning i Grindsjön. En metod för att förbättra säkerheten vid inmatning av sprängämnesslurries till en destruktionsanläggning har framtagits.

Ahlberg Mats

Årsrapport 2000 för FOAs forskning inom FoT-området Miljöfrågor (FM).
Stockholm, FOI, 2001, 20 s.
(FOI-R--0005--SE) (Användarrapport)

Rapporten sammanfattar uppnådda resultat under budgetåret 2000 för forskningsområde Miljöfrågor. I samarbete med Norge studeras blyspridning från kulor i mark. Materialet hämtas från slagfältet invid Fredrikstens fästning utanför Halden.

En transportmodell avseende TNT i mark har tagits fram genom att utgå från en spridningsmodell för C-stridsmedel. De faktorer som har störst betydelse för inbindningen av trinitrotoluen (TNT) i mark är den organiska halten samt därefter lerhalten. Till löst organiskt material är bindningen av specifik typ medan bindningen till fast organiskt material är en hydrofob fördelning.

Explosivämnena CL 20, FOX 7 och FOX 12 har alla tre visat sig påverka reproduktionen av vattenloppa och måste därför utredas med avseende på ekotoxikologiska egenskaper.

En mikrobiologisk testmetod och en testmetod på alg har utvecklats.

För att kunna destruera spröda material som konventionella sprängämnen har en malningsmetod utvecklats. Metoden ger en suspension som miljövänligt och säkert kan förbrännas i en fluidiserad bädd. Bränslevärdet är dock lågt varför tillsatsbränsle behövs, t ex från förpackningsmaterial.

En översikt över tillgängliga metoder för kvalitativ livscykelanalys (LCA) har identifierat tre metoder som är lämpliga för utvärdering i kommande projekt.